

# 工业场地重金属污染土壤治理技术思考

汤传栋

铭瑞环境科技(南京)有限公司 江苏 南京 210000

**摘要:** 工业活动的不断扩张和发展导致了大量土壤重金属污染问题,对生态系统和人类健康构成了严重威胁。因此,土壤重金属污染的治理技术显得尤为重要。本论文探讨了工业场地重金属污染土壤治理技术的现状、挑战和未来发展方向。

**关键词:** 工业场地; 重金属污染; 土壤治理技术

工业活动的快速发展和城市化进程导致了工业场地土壤重金属污染问题的不断加剧,这一问题已经成为当今环境领域的一项严重挑战。土壤重金属污染对生态系统和人类健康构成了潜在威胁,因此引起了广泛的关注和研究。本论文将深入研究工业场地重金属污染土壤治理技术的现状和未来趋势,为解决这一紧迫问题提供有益的见解。有望更好地保护土壤质量、减轻环境污染、维护生态平衡,并确保人类健康和可持续发展。

## 1 土壤重金属污染概述

### 1.1 重金属元素的来源

土壤重金属污染的根本原因是人类活动,包括工业、农业、采矿和废物处理等过程。这些活动导致了大量重金属元素的释放,如铅、镉、铬、汞和锌,进入土壤。这些元素可以通过不同途径进入土壤,包括空气沉积、水体渗透和废弃物的堆放。因此,源头的认知至关重要,以制定有效的治理策略。

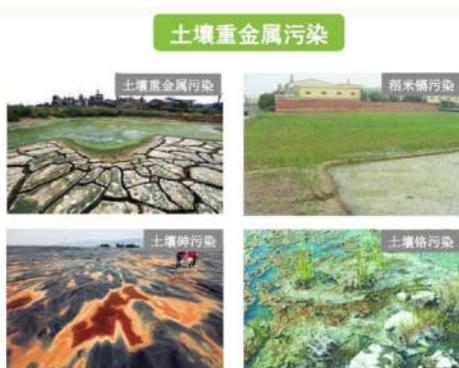


图1 土壤污染元素

### 1.2 影响和风险评估

土壤重金属污染的影响广泛,涵盖了土壤、植物、

生态系统和人类健康。植物的生长受到抑制,土壤质量下降,土壤生物多样性受到威胁。此外,重金属通过食物链传递,进入人类食物,对健康构成潜在威胁。风险评估是确定土壤重金属污染严重性和潜在威胁的关键工具。这包括采集土壤样本并分析其中的重金属元素浓度,然后根据这些浓度评估对生态系统和人类的潜在风险。评估考虑了土壤的重金属元素浓度、可能的污染途径以及生态系统或人类接触的方式。这些评估帮助确定是否需要采取治理措施以减轻潜在风险。

### 1.3 生态和健康影响

土壤重金属污染对生态系统和人类健康产生多方面的影响。在生态系统方面,这可能导致生态多样性的下降,影响土壤微生物的生态功能,以及限制植物生长和生态系统的稳定性。从健康角度来看,人类通过食物链摄入土壤中的重金属元素,可能导致慢性和急性健康问题,特别是对儿童的影响更为显著。

重金属	单因子指数			地质累积指数		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
Cr	0.97	0.50	0.74	-0.63	-1.59	-1.02
Co	0.77	0.51	0.72	-0.96	-1.57	-1.07
Ni	1.39	0.23	0.81	-0.11	-2.73	-0.90
Cu	1.91	0.39	0.99	0.35	-1.96	-0.60
Zn	1.23	0.69	0.92	-0.29	-1.12	-0.70
Pb	1.39	0.98	1.09	-0.11	-0.61	-0.46

图2 污染影响因子

## 2 治理方法

### 2.1 物理方法

#### 2.1.1 土壤挖掘和清除

土壤挖掘和清除是一种直接干预的物理方法,通过将受污染的土壤挖掘出来,然后将其运送到特殊的处理设施进行清除和处理。这个方法适用于高度污染的小范围区域,特别是当重金属浓度非常高且分布不均匀时。

**作者简介:** 汤传栋(1989年11月-),男,江苏省邳州市人,汉族,硕士研究生,工程师,主要研究方向为环境管理。

然而,这种方法通常昂贵,需要大量的土地和资源,并可能对周围环境产生额外影响。

### 2.1.2 覆盖和隔离

覆盖和隔离是一种采用覆盖层或障碍物来隔离重金属污染土壤的方法。覆盖可以包括使用土壤修复材料、合成膜或植物覆盖,以减少重金属的暴露和渗透。这种方法适用于大范围污染地区,可以减少治理成本和减轻环境影响。然而,它通常需要长期维护和监测,以确保有效性。

物理方法如土壤挖掘和清除在短期内可以迅速减少土壤中的重金属浓度,适用于高度污染的小范围区域。这些方法通常成本高昂,需要大量资源和土地,可能对生态系统和周围环境产生负面影响,而且无法处理大范围污染。

## 2.2 化学方法

### 2.2.1 化学固化

化学固化是一种使用添加剂来固定或稳定土壤中的重金属元素的方法。这些添加剂可以包括磷酸盐、氢氧化物、硅酸盐和其他化学物质,它们与重金属元素发生化学反应,将其转化为难溶性或稳定的形式。这有助于减少重金属的迁移和生物可用性。然而,化学固化通常需要密切监测以确保添加剂的效力和持久性。

### 2.2.2 浸出和萃取

浸出和萃取是一种通过水或化学溶液将土壤中的重金属元素溶解,并随后去除的方法。这可以在实验室中进行,也可以在现场进行。例如,酸性溶液可以用于将铜或镉等重金属元素从土壤中萃取出来。尽管这种方法可以有效地减少土壤中的重金属浓度,但需要处理大量的废液,因此需要妥善处理和处置这些废液,以防止次生环境问题。

化学固化和浸出方法在原位治理时可以有效降低土壤中的重金属浓度,适用于中等和小范围污染,可以在现场实施。这些方法可能需要长期监测和维护,使用化学添加剂可能对土壤和生态系统产生不利影响,需要谨慎处理废弃物<sup>[1]</sup>。

## 2.3 生物方法

### 2.3.1 植物修复

植物修复是一种利用植物吸收、转运和富集土壤中的重金属元素的方法。一些植物种类,被称为超富集植物,能够吸收大量的重金属而不受害。这些植物可以在受污染的土壤中种植,然后通过收割和处置植物来去除重金属。植物修复方法相对廉价,但需要较长时间来实现治理效果。

### 2.3.2 微生物降解

微生物降解方法依赖于土壤中存在的细菌、真菌和其他微生物,它们具有降解重金属元素的能力。这种方法可以通过生物浸泡、生物浸出、生物修复和生物堆肥等不同途径来实施。微生物降解方法具有潜力将重金属元素转化为不活跃或难溶的形式,从而减少其对生态系统和人类的危害。

植物修复和微生物降解方法相对廉价,对中等和大范围污染具有潜力,能够减轻生态系统和人类健康风险。这些方法通常需要较长时间来实现治理效果,效果可能受到气象和土壤条件的影响,需要密切监测和管理。

## 2.4 综合治理策略

综合治理策略通常结合了多种治理方法,以更全面地解决土壤重金属污染问题。这种方法可以根据具体情况制定,包括采用物理、化学和生物方法的组合,以最大程度地减轻重金属元素的污染和风险。综合治理策略通常需要深入的研究和规划,以确保各种方法之间的协调和协同作用。不同类型的土壤对治理方法的响应不同。例如,沙壤土可能更容易受到化学固化方法的影响,而粘土土壤可能需要更长的时间来进行植物修复。因此,治理方法的选择应考虑土壤类型的特性。污染程度的不同可能需要不同的治理方法。对于高度污染的地区,可能需要物理方法来快速减少污染物浓度,然后再采用生物方法来修复土壤。对于中度污染的地区,化学方法可能是合适的选择。

## 3 挑战与问题

### 3.1 高成本和可持续性问题

高成本:许多土壤治理方法,尤其是物理和化学方法,通常需要大量资金来实施。土壤挖掘、清除和化学固化等方法的成本往往较高,这可能限制了许多项目的规模和范围。

可持续性挑战:高成本和资源需求可能影响治理方法的可持续性。如果项目无法维持,可能会导致治理后的土壤再次受到污染,或者需要不断进行维护,增加了长期可持续性的挑战。

资金来源:寻找和获得足够的资金用于土壤重金属污染治理通常是一项困难的任務,特别是对于小型企业或贫困地区来说,这可能成为不可逾越的障碍。

经济效益:成本效益分析是一个重要因素,它需要权衡成本和治理效果。有时,高成本方法可能不具备足够的经济效益,尤其是在污染程度较低的地区。

### 3.2 技术不成熟和监测难题

技术不成熟:某些土壤治理技术,尤其是新兴的或创新的方法,可能尚未充分发展和验证。这使得难以确

定其实际效果以及可能的环境风险。

**监测困难：**有效的监测和评估是土壤治理成功的关键。然而，监测方法和技术通常需要在不同情况下进行适应和改进，以确保准确评估治理效果。

**不确定性：**土壤中重金属元素的迁移和转化过程具有复杂性，这增加了治理的不确定性。了解这些过程并进行有效的监测是具有挑战性的。

### 3.3 法规和政策挑战

**法规不一致：**不同国家和地区对于土壤重金属污染的法规和标准可能不一致，这可能导致不同地区采取不同的治理方法和标准。

**法规缺乏：**一些地区可能缺乏明确的法规，以规范土壤重金属污染治理工作。这可能导致治理工作的不协调和不规范。

**法规执行：**监管机构可能缺乏足够的资源和专业知识来监督和执行相关法规，从而使污染问题得不到充分解决。

**治理政策：**政府治理政策的稳定性和连贯性对于项目的成功至关重要。政策的频繁变化或不连贯性可能导致项目延误和不确定性。

**制定政策：**制定有效的土壤重金属污染治理政策需要深入了解科学、技术和社会经济因素，并需要利益相关者之间的合作<sup>[2]</sup>。

## 4 解决措施和发展方向

### 4.1 创新技术的研发

**新型材料和方法：**未来的研究应致力于开发新型材料和方法，以更有效地去除或稳定土壤中的重金属元素。纳米技术、生物工程和材料科学的进步为开发创新治理技术提供了巨大潜力。

**数据分析和监测技术：**现代数据分析和监测技术的应用将有助于更准确地监测土壤重金属污染，并实施实时决策。传感器技术、遥感技术和人工智能在这一领域的应用将是未来的发展方向。

**污染修复生物工程：**生物修复技术的发展将进一步推动治理可持续性。通过合成生物学、基因编辑和微生物工程，可以设计和改进生物修复植物和微生物，以提高其重金属吸附和降解能力。

**地下水治理：**未来的研究应重点关注土壤重金属污染对地下水的影响和治理。开发地下水处理技术，包括高效的过滤和吸附材料，以防止污染物进一步渗透至地下水，具有重要意义。

### 4.2 提高治理可持续性

**生态修复和生态系统服务：**未来的治理方法应更加关

注生态修复，通过促进植物多样性和提高土壤质量来维持生态系统平衡。这有助于提供重金属污染土壤的生态系统服务，如土壤保肥、水质净化和生态多样性维护。

**社会参与和意识提高：**公众和利益相关者的参与对于治理工作的成功至关重要。未来的发展方向应包括教育和宣传，以提高社会对土壤重金属污染问题的认识，并鼓励公众积极参与治理工作。

**可持续经济：**将可持续性纳入治理方案的设计中，以确保项目的经济可行性。通过循环经济、废弃物资源化和资源回收，可以实现治理项目的可持续性，将废弃土壤转化为资源。

**多方法综合治理：**未来的发展方向应促进不同治理方法的综合应用，以提高治理效果。综合治理策略可以减少成本、降低环境风险，并提高可持续性<sup>[3]</sup>。

### 4.3 推动政策法规制定

**统一标准和规范：**国际社区应推动土壤重金属污染治理领域的国际标准和规范的制定，以确保不同国家和地区采取一致的方法和标准。

**法规强化：**政府应加强对土壤重金属污染治理的监管，确保法规得到执行。这包括制定和实施严格的法规，对违规行为进行处罚，以及提供监管和执法机构所需的资源。

**经济激励措施：**政府可以制定税收政策、激励计划和补贴，以鼓励企业采取环保措施和投资土壤治理项目。经济激励措施有助于加速土壤重金属污染的治理进程。

**科学政策：**政府和国际组织应积极支持土壤重金属污染治理的科学研究，为政策制定提供可靠的科学依据。科学政策的制定有助于将科学成果转化为可操作的法规和措施。

**结语：**综上所述，工业场地重金属污染土壤治理技术是一个重要而复杂的领域，需要多方合作，跨学科研究和不断的创新。通过共同努力，可以更好地保护环境、维护生态平衡，减少土壤重金属污染对生态系统和人类健康的潜在影响。这将有助于实现可持续发展目标，创造更健康、更可持续的未来。

### 参考文献

[1]侯德义,张凯凯,王刘炜,宗汶静,宋易南,金远亮,胡莹.工业场地重金属污染土壤治理现状与展望[J].环境保护, 2021, 49(20):9-15.

[2]王秀婷,栾松明.工业场地土壤重金属污染现状及修复治理技术研究进展[J].北方环境, 2019, 031(004):99,101.

[3]胡小元,刘伟,吴俊瑶.原位稳定化修复技术在重金属污染土壤治理工程中的应用[J].港工技术与管理, 2020(2):5.